

26 AU 28 NOVEMBRE 2024

# Journées horticoles et grandes cultures

AU CENTRE COMMUNAUTAIRE DE SAINT-RÉMI







# Santé des sols, gestion de l'azote et changement climatique

---

une approche pragmatique pour s'adapter  
et progresser

Martin Chantigny, Ph.D.

Agriculture et agroalimentaire Canada  
Centre de R&D de Québec

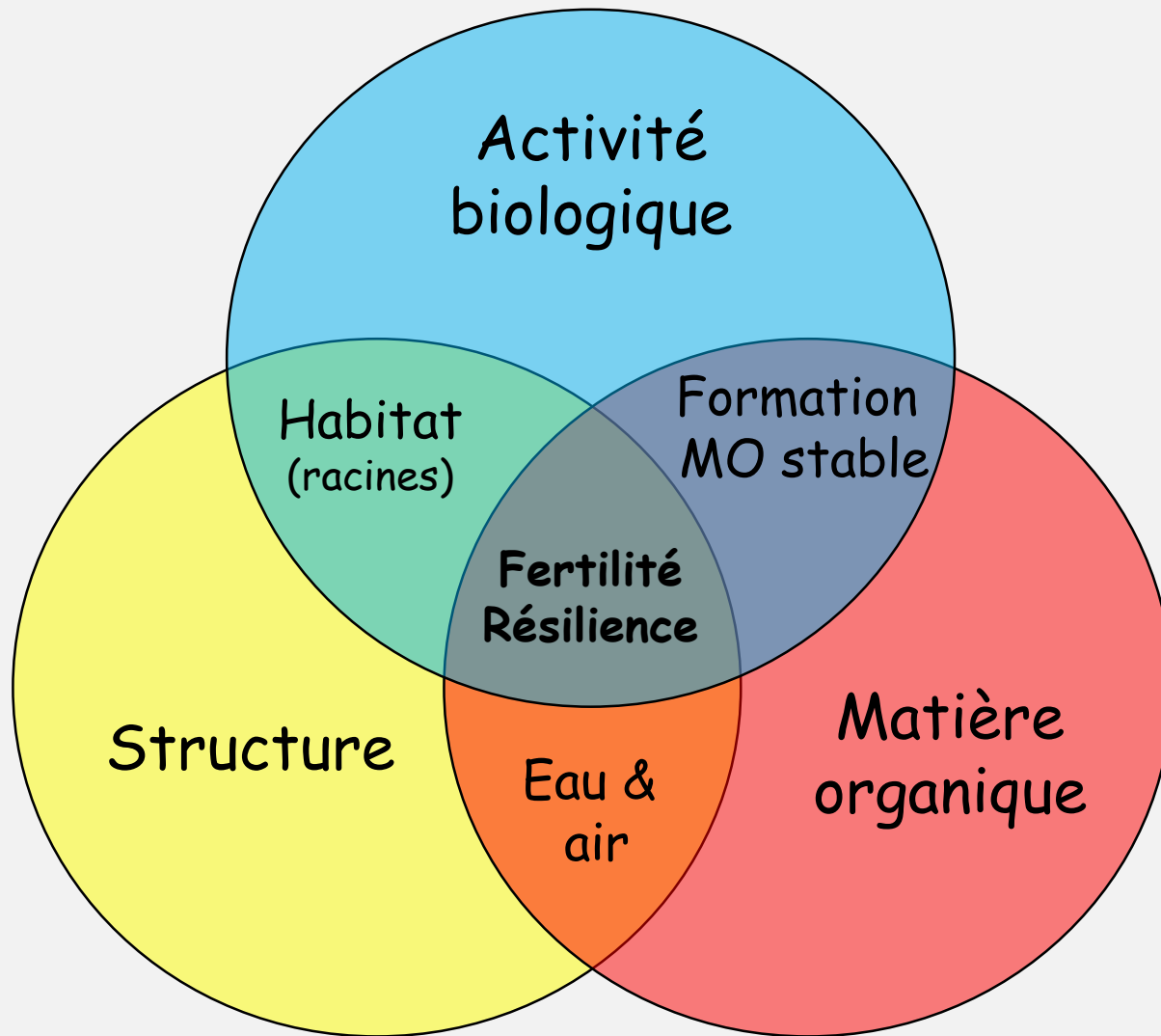
28 novembre 2024

# Ce qu'il faut démontrer

---

- Une gestion rentable et durable de l'azote ne peut se faire sans travailler sur la santé des sols
- La santé des sols est un déterminant clé de la résilience des entreprises agricoles face au changement climatique
- Les enjeux à considérer sont:
  - ✓ le changement de régime des précipitations
  - ✓ la capacité du sol à absorber l'eau qui tombe tout en se ressuyant rapidement pour maintenir une bonne oxygénation du sol

# Santé du sol : trois piliers interreliés



- Une **approche intégrée d'amélioration des trois piliers** est requise pour obtenir des sols en santé et augmenter leur fertilité et la résilience de l'entreprise.
- Augmenter la MO et une bonne gestion de l'azote auront des bénéfices limités sur des sols compactés.
- Prenez le temps d'évaluer l'état structural des sols



# Structure du sol

## Dresser un état des lieux : compaction ?

Il faut aller voir !



Danger !



Un remède; pas une solution !



## Faites affaire avec des spécialistes !

- Drainage souterrain ? Pas la solution...
- Sous-solage: précautions à prendre avant, pendant et après le sous-solage pour en tirer profit à long terme. Ce n'est pas une solution à répétition !



# Perte de structure et compaction :

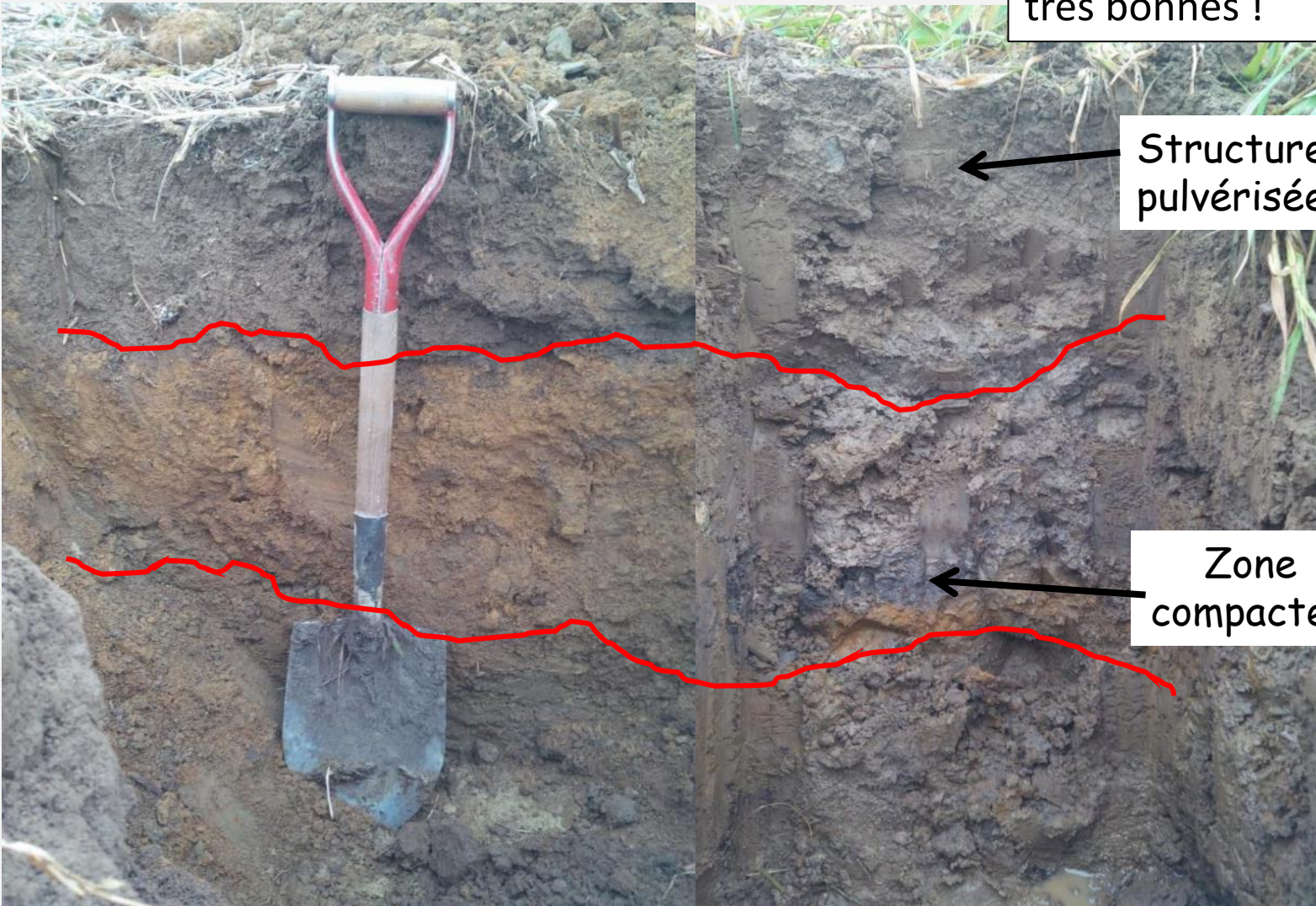
des maladies silencieuses...

Les analyses de sol étaient  
très bonnes !

Structure  
pulvérisée

Zone  
compactée

Zones  
anoxiques





# Structure du sol et gestion de l'eau



Horizon de  
surface  
(très humide)

Semelles de  
labour  
(≈25 cm; saturé)

Sous-sol  
(plus sec)

Zone restreinte d'absorption  
et d'évacuation de l'eau

Mauvais égouttement =

- mauvaise oxygénation =
- mauvais développement racinaire/maladie =
- mauvaise capacité à récupérer l'azote =
- besoin de plus d'azote =
- hausse des dépenses (\$\$\$)

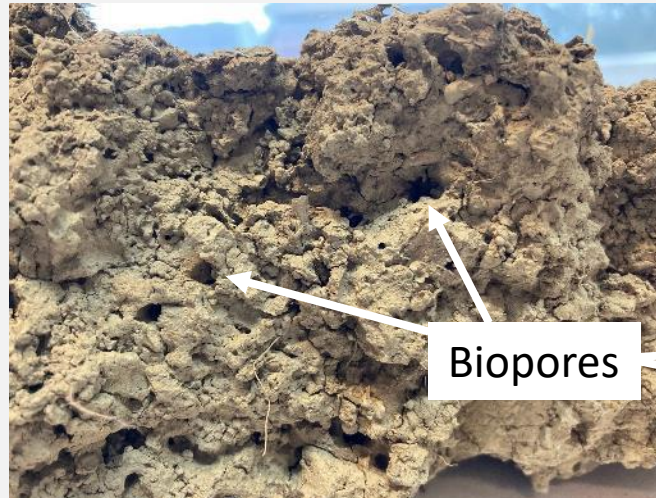
Efficacité de l'azote diminue =

- hausse des pertes environnementales

Perdant sur tout la ligne !

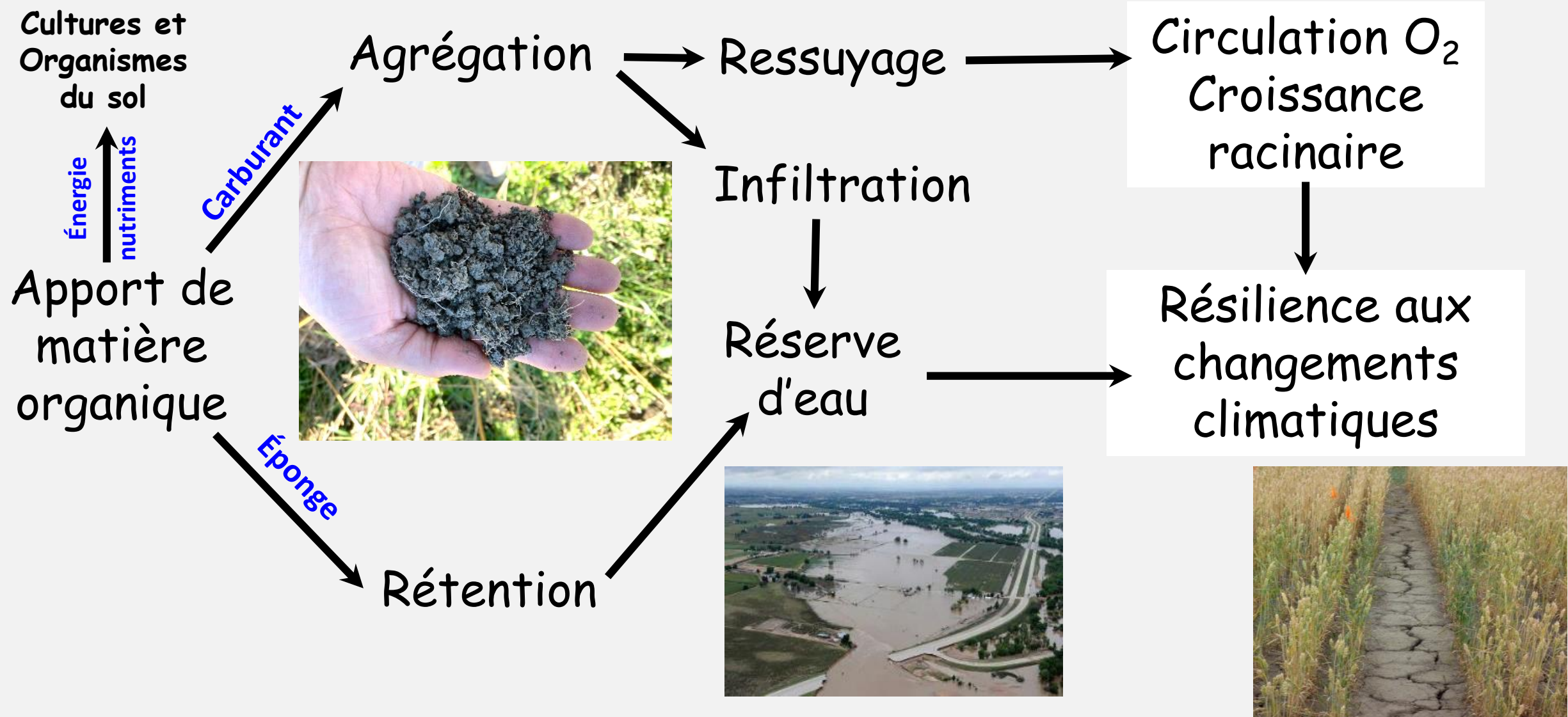
# Structure du sol – quoi surveiller ?

- Agrégation de surface (diamètre et résistance à l'érosion)
  - Infiltration de l'eau; aération
- Macroporosité en profondeur (biopores)
  - Libre circulation de l'eau et de l'air
  - Croissance racinaire
  - Vers de terre



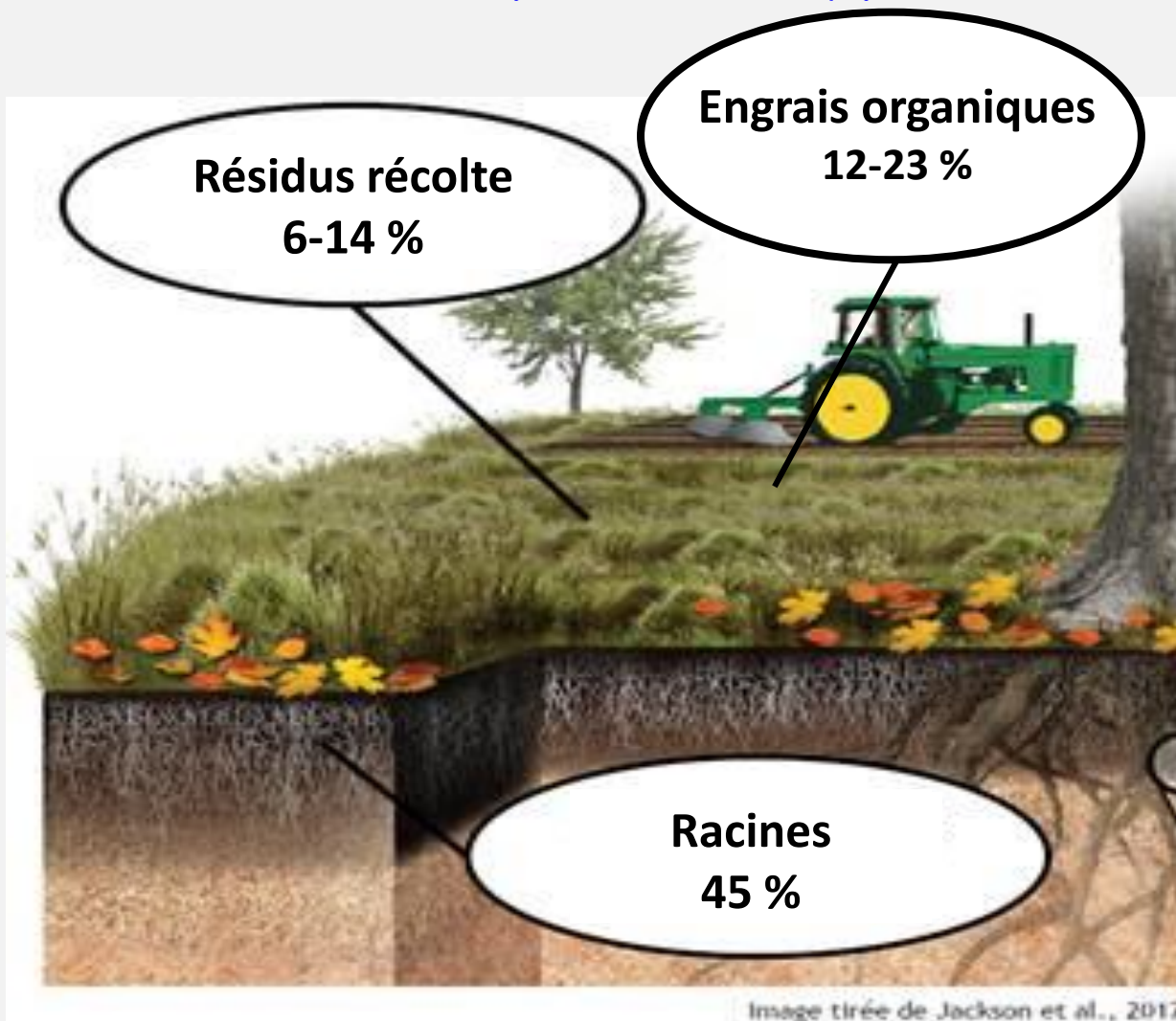


# Matière organique – l'ossature du sol



# Tous les résidus forment de la MO, mais...

La quantité dépend du type de résidu !



ANNUAL  
REVIEWS

*Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*

**The Ecology of Soil Carbon:  
Pools, Vulnerabilities, and  
Biotic and Abiotic Controls**

Robert B. Jackson,<sup>1,2,3</sup> Kate Lajtha,<sup>4</sup> Susan E. Crow,<sup>5</sup>  
Gustaf Hugelius,<sup>1,6</sup> Marc G. Kramer,<sup>7</sup>  
and Gervasio Piñeiro<sup>8,9</sup>

Global Change Biology

Global Change Biology (2014) 20, 666–679, doi: 10.1111/gcb.12438

**Animal manure application and soil organic carbon  
stocks: a meta-analysis**

ÉMILIE MAILLARD\*† and DENIS A. ANGERS\*

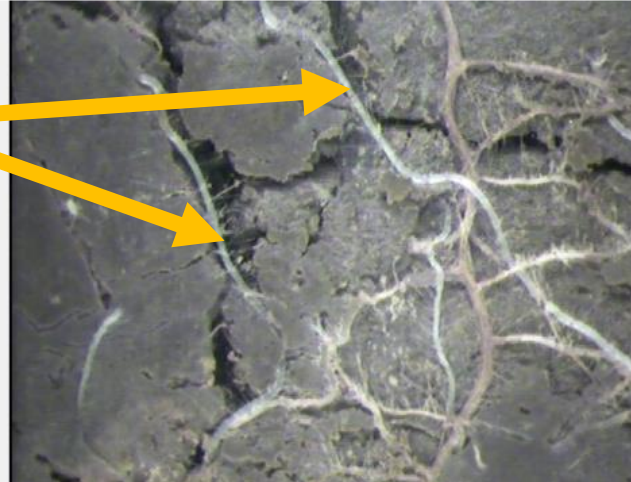
- Racines = le summum 😊
- Mixité de patrons racinaires



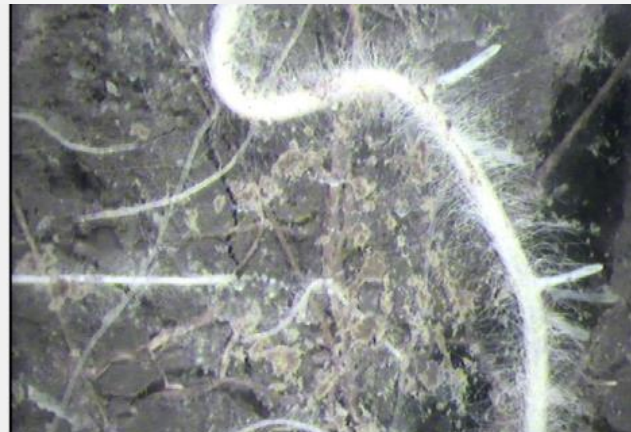
# Racines – sol – microorganismes

## une relation intime de réciprocité

Racines jeunes empruntent les espaces entre les agrégats (fentes de retrait, biopores)



Racines explorent le sol pour se nourrir /  
Sécrètent des composés solubles  
biodégradables



En croissant: créent un  
filet protecteur  
autour des agrégats



Établissent des  
symbioses (mycorhizes)  
qui augmentent  
l'exploration



Meurent et deviennent  
de la nourriture pour  
les habitants du sol  
(MO)

Photos: Marie-Noëlle Thivierge - AAC

# Les champignons : des alliés à protéger

- En général (décomposeurs et mycorhizes)
  - Stabilisation des gros agrégats (> 1 mm)
  - Produits microbiens propices à la formation de MO stable
  - Augmentent le cyclage et l'acquisition des nutriments
  - Améliorent l'approvisionnement des cultures en eau
- N'aiment pas le travail du sol !
  - Détruit leurs hyphes
- Réduire l'intensité du travail
  - Énergie et fréquence
  - Strip-till (zone-till)
- Réduire la profondeur du travail
  - Besoin de biopores
  - Miser sur nos alliés: racines, champignons et vers

Décomposeurs

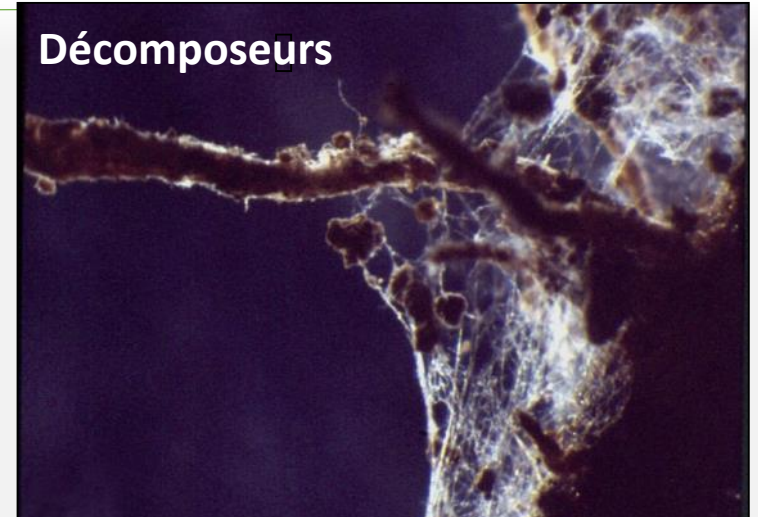


Photo: AAC - Martin Chantigny

mycorhizes

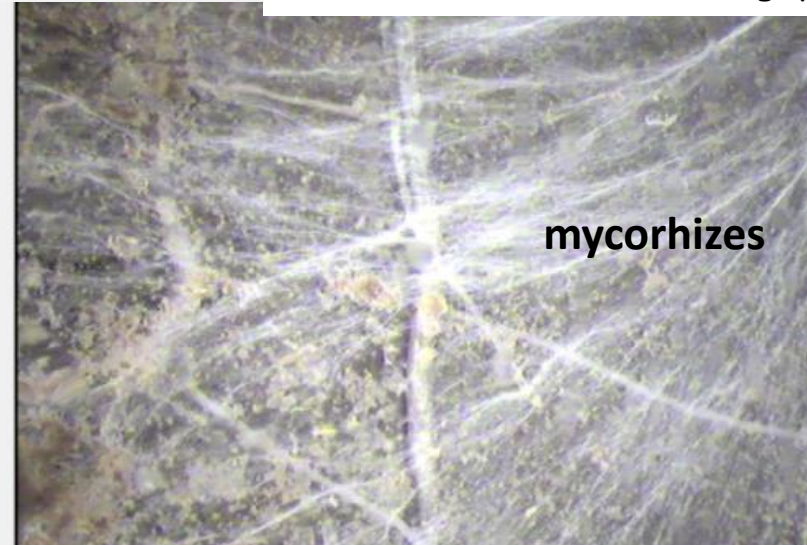


Photo: AAC - Marie-Noëlle Thivierge



# Santé du sol et gestion de l'azote

Comment tirer profit de la fourniture d'azote du sol ?

- Que les racines explorent TOUT le profil de sol !





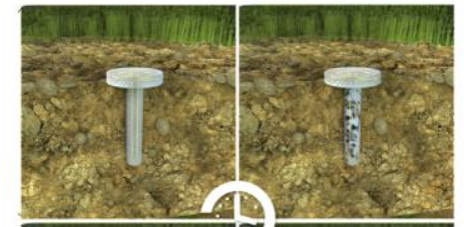
# Santé du sol et gestion de l'azote

## Comment tirer profit de la fourniture d'azote du sol ?

- Prévoir la capacité du sol à fournir l'azote...
    - Très difficile pour l'instant; pas de tests précis et juste à tout coup...
  - Qu'est-ce qui est mieux ?
    - Tenter de prédire la capacité du sol à fournir l'azote sur une base annuelle
- OU
- Connaître la capacité moyenne interannuelle par l'observation ?



### University of Colorado Boulder



Printed Biodegradable Sensors for Monitoring Soil Conditions

Printed sensors based on biodegradable materials for monitoring conditions in soil, such as soil nitrate concentration and soil moisture content.



Chrysalabs.com

Une analyse immédiate et des rendements impressionnants

Tirez parti des principes de la gestion des nutriments fondée sur les 4R à l'aide de technologies agricoles intelligentes, maintenant à portée de main.



# Gestion de l'azote – comment progresser ?

## Penser à plus long terme

### 1. Cheminer vers une réduction progressive de la fertilisation

- ✓ Une réduction de 20% des apports pourrait réduire les pertes environnementales de 50% ou plus; comment faire sans compromettre la rentabilité ?
- ✓ Évaluer les plus et les moins de nouvelles pratiques sur la rotation complète (cultures de couverture; retour d'azote...)
- ✓ Trouver « son X » pour chaque champ
- ✓ Gérer ses champs comme un troupeau laitier
  - chacun a ses particularités, ses potentialités et des besoins spécifiques pour les exprimer...



Photo: Radio-Canada

# Gestion de l'azote – comment progresser ?

En attendant les outils prévisionnels...



- Essais à la ferme

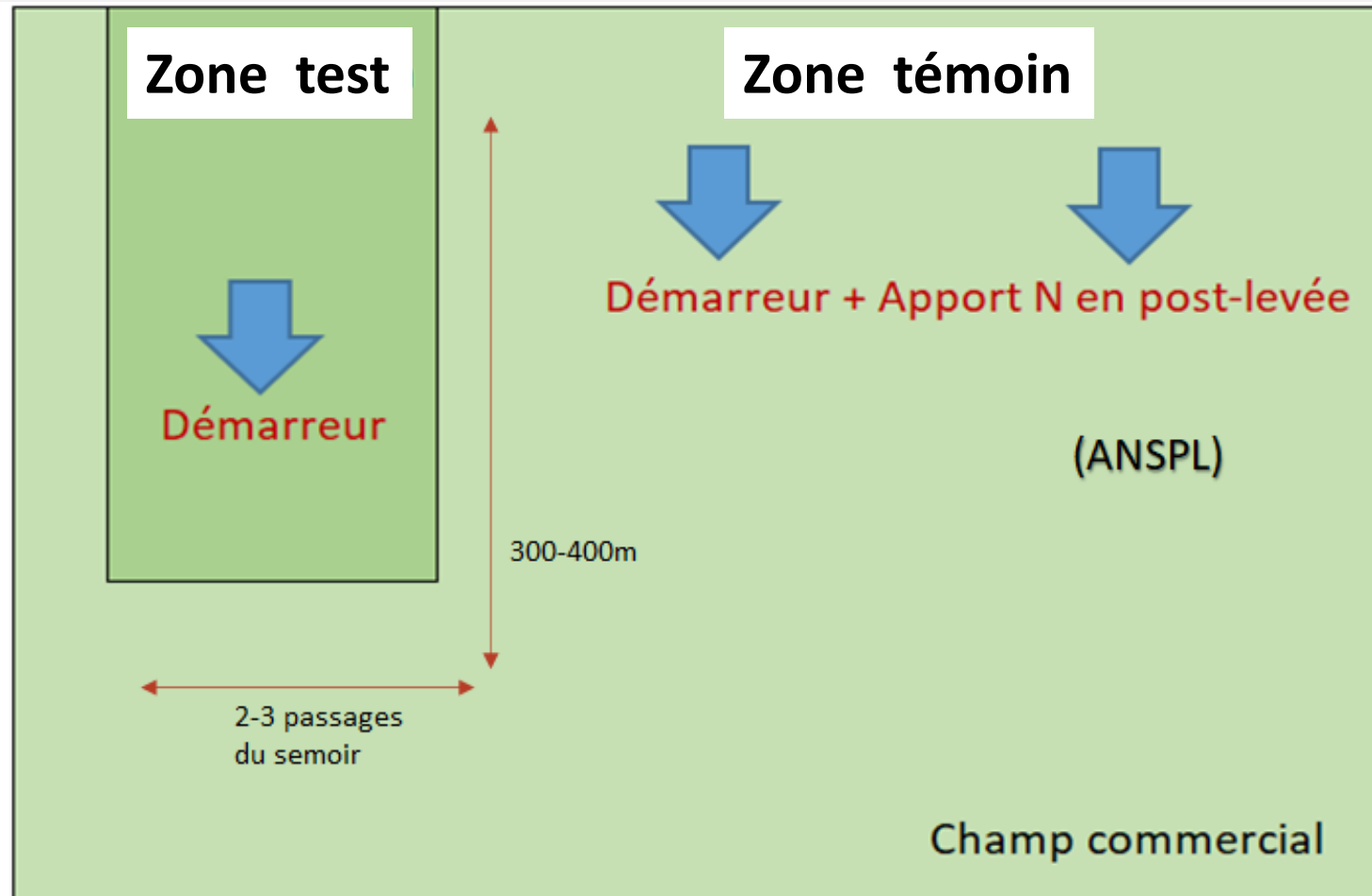
- Ex.: Réseaux sentinelle azote des PGQ
- Être accompagné par conseiller(ère); chercheur (lab vivant)
- Répéter les essais plus d'une année !
- Idéalement sur rotation complète





# Gestion de l'azote – comment progresser ?

En attendant les outils prévisionnels...



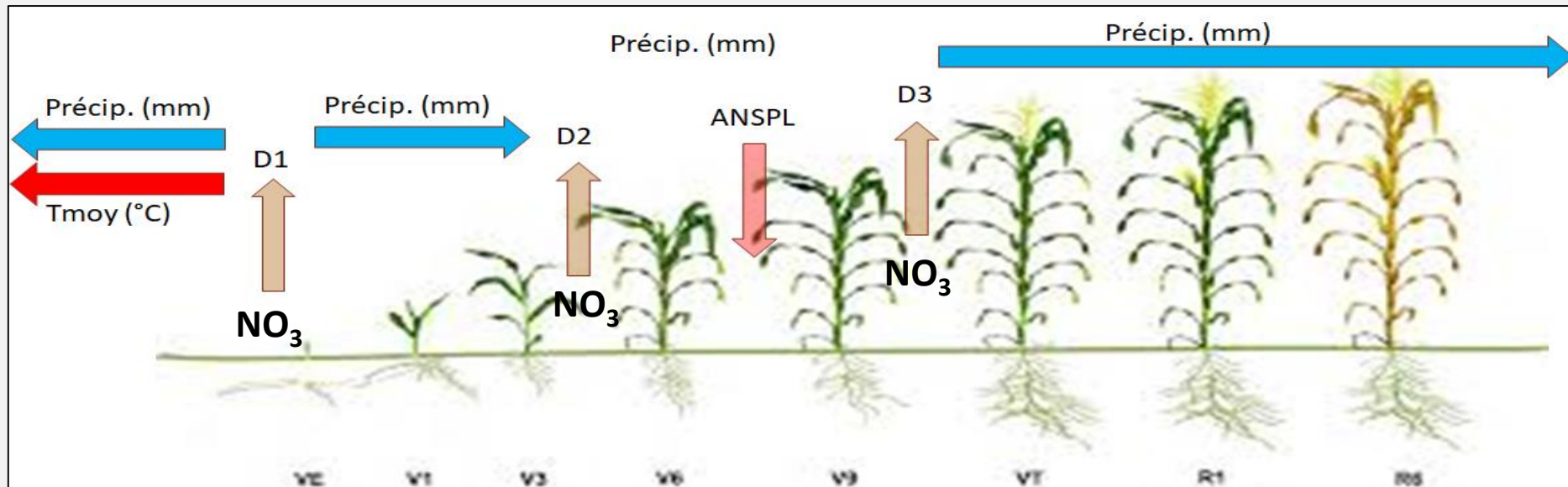
Rendement relatif:

$$\frac{\text{Zone test}}{\text{Zone témoin}} \times 100$$

# Gestion de l'azote – comment progresser ?

En attendant les outils prévisionnels...

- Mesures stratégiques
  - Mesures de nitrates (sol et tiges) à des moments clé:
  - Validation de l'efficacité des pratiques
- Documenter le contexte pour utiliser l'intelligence artificielle
  - météo, propriétés de sol, pédopaysage, historique de culture, état de santé du sol,...





# Gestion de l'azote – comment progresser ?

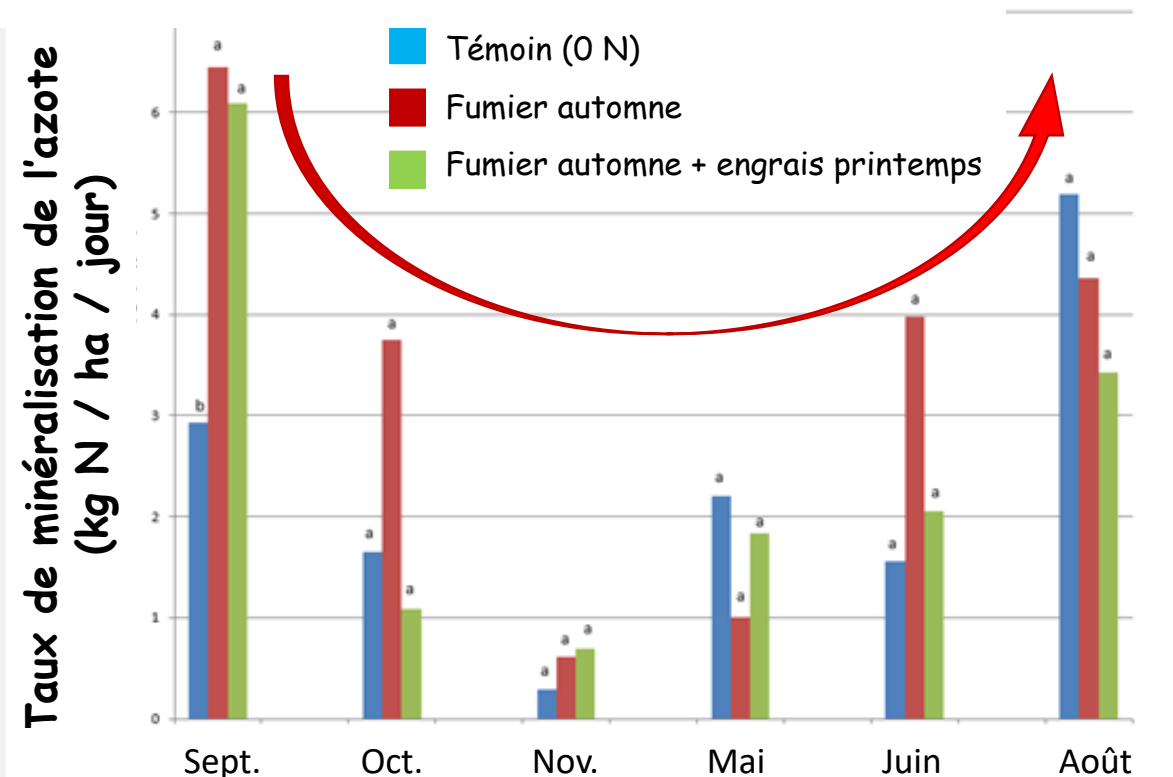
## Penser à plus long terme

1. Cheminer vers une réduction progressive de la fertilisation
  - ✓ Évaluer les plus et les moins de nouvelles pratiques sur la rotation complète
  - ✓ Trouver « son X » pour chaque champ
  - ✓ Gérer ses champs comme un troupeau laitier : chacun a ses particularités...
2. Développer une connaissance de la capacité de nos sols à fournir de l'azote basée sur l'observation
  - ✓ Connaître le flux de minéralisation d'azote au cours du temps
  - ✓ Suivi des quantités de nitrates au cours du temps
  - ✓ Incubations in situ
    - pour identifier les « moments chauds »
    - pour améliorer la synchronicité et augmenter l'efficacité de l'azote du sol

# Gestion de l'azote – comment progresser ?

- Le flux d'azote varie selon le climat et le type de sol
- Où sont les moments « chauds » ?

- Mesures de minéralisation *in situ*  
✓ 2016-2018
- Loams sableux/limoneux;  
✓ 3 à 10% de MO
- 50-60% minéralisation annuelle  
entre août et octobre  
✓ Cult. Couverture  
✓ Céréales d'automne

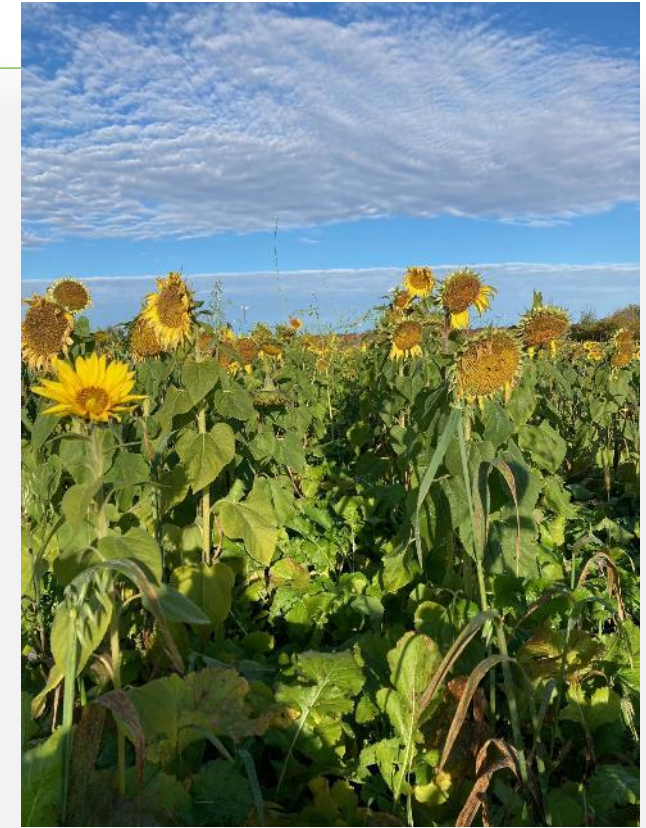
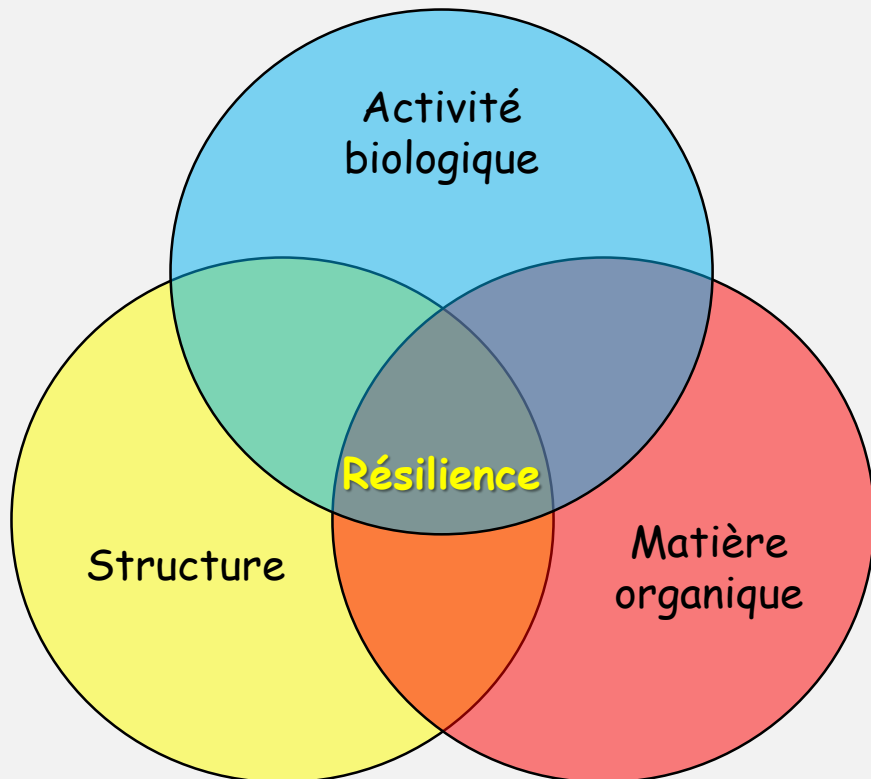




# Résilience et changement climatique

## Devenir résilient c'est... :

- passer de la quête du rendement maximal dans un environnement changeant et imprévisible, à l'atteinte d'un rendement stable et prévisible...





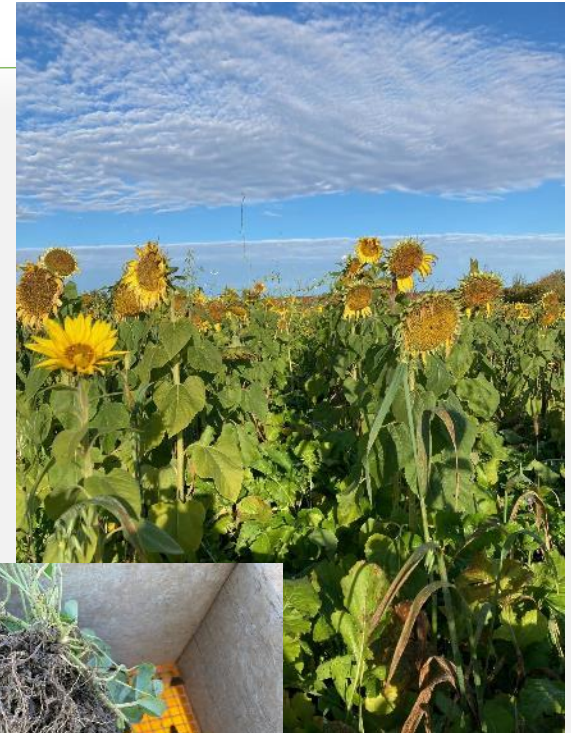
# Résilience et changement climatique

## Devenir résilient c'est miser sur la santé du sol :

- réduire l'intensité du travail du sol
- couvrir le sol en permanence: cultures pérennes et autres cultures de couverture...
- offrir une nourriture de qualité et un habitat favorable à nos alliés (champignons; vers; racines)

## Bénéfices obtenus:

- Rendements plus stables d'une année à l'autre
- Réduction significative des apports d'azote (jusqu'à 50%)
- Meilleur égouttement: on entre dans le champ plus tôt et on en sort plus tard
- Meilleure portance: MO et racines = ossature





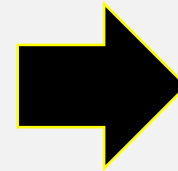
# Résilience et changement climatique

Bonnes pratiques - un impact différent selon l'échelle des interventions

Résilience face au changement climatique



Atténuation du  
Changement climatique



## En bref...

---

- Améliorer la santé des sols devrait être le point de départ de toute réflexion sur les pratiques « bénéfiques » à utiliser.
  - Structure - Activité biologique - Matière organique
- Parce que toute pratique visant à améliorer la productivité et la durabilité de l'entreprise portera fruit à condition que le sol soit en santé.
  - Ex: gestion de l'azote sur sol compacté...
- La MO est ce qui permet la structuration des sols - c'est l'ossature du sol.
  - Les microorganismes, les racines et les invertébrés en sont les artisans
- Pensons à nos alliés: champignons, racines et vers de terre.
  - Réduire l'intensité et la profondeur de travail du sol...
  - Offrir un apport prolongé de nourriture de qualité: cultures de couverture